

# Les secrets et les limites de la compétitivité d'Ariane 6\*

**Alain CHARMEAU**

*Membre titulaire de l'AAE et ancien Chief Executive Officer d'ArianeGroup*

## 1. La compétitivité : un nouveau challenge pour Ariane

Conçu dans les années 90, le lanceur Ariane 5 avait pour objectifs d'assurer aux Etats européens un accès autonome à l'espace et de développer de nouvelles technologies dans les 12 pays participant au programme. Le lanceur Ariane 5 a ensuite été une réussite commerciale car il répondait parfaitement au besoin d'accès à l'orbite géostationnaire à une époque de pénurie de lanceurs de grande capacité.

Une concurrence nouvelle s'est développée avec le lanceur russe Proton commercialisé par la société américaine ILS, puis avec l'arrivée annoncée de nouveaux lanceurs américains (Falcon), japonais, indiens vers le milieu des années 2010, alors que Proton subissait une série d'échecs.

A la même période, la technologie des satellites a rapidement évolué, permettant à des satellites beaucoup plus petits d'assurer, depuis l'orbite basse, une partie des missions offertes par les gros satellites géostationnaires. D'autres lanceurs, plus petits : russes (Soyuz), indiens, japonais, coréens sont venus compléter l'offre mondiale, cette offre devenant supérieure à la demande de lancements, créant ainsi une pression concurrentielle nouvelle.

Décidée en 2014, Ariane 6 se devait donc de prendre en compte ces évolutions du marché, le critère de prix devenant aussi important, voire déterminant pour certains clients, que les critères de performance, de disponibilité et de fiabilité.

La compétitivité d'Ariane est d'autant plus nécessaire que le marché commercial reste vital pour atteindre un niveau d'activité suffisant et régulier. Ariane doit y compenser la faiblesse et la dispersion des commandes gouvernementales européennes, à l'opposé des concurrents américains, russes et chinois qui bénéficient de marchés nationaux très importants et fermés à la concurrence internationale. De plus, en obtenant des contrats

---

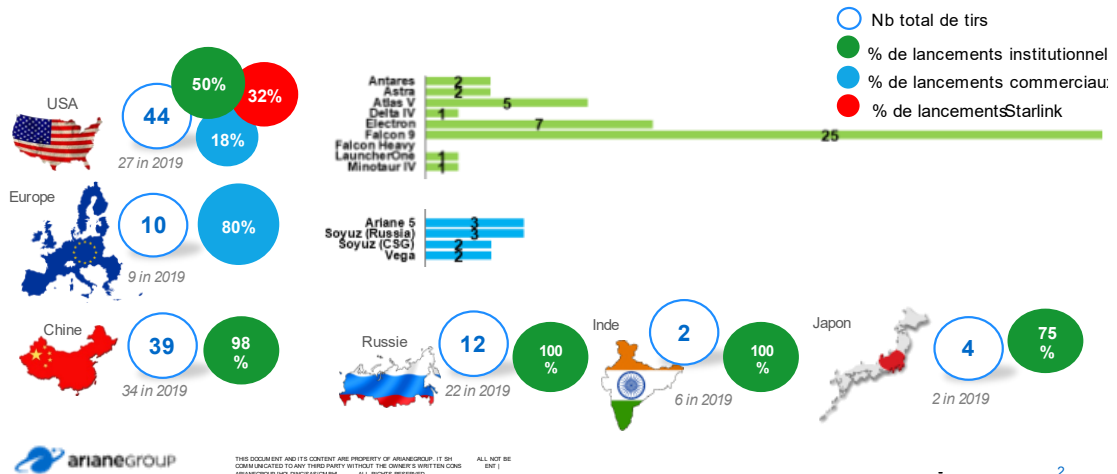
\* L'article a été publié dans la revue "Engagement" de l'ASAF, numéro de Printemps 2022

Ces documents reflètent uniquement l'opinion de leurs auteurs et n'engagent en aucune manière la parole officielle de l'Académie de l'air et de l'espace.

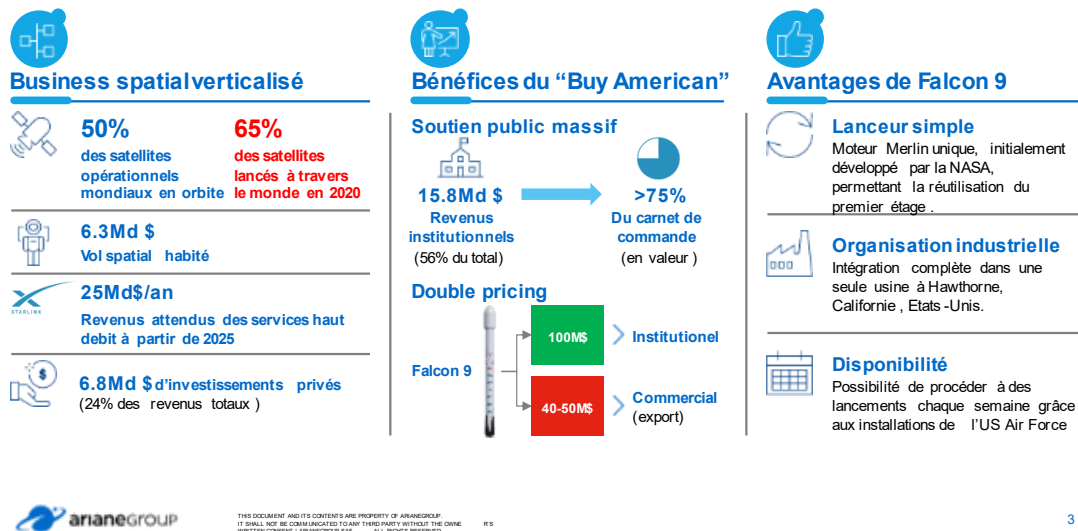
du gouvernement américain à prix très élevés (supérieurs à ceux d'Ariane 6 pour les gouvernements européens), SpaceX attaque le marché commercial à coût marginal, avec des prix divisés par deux.

## L'EXCEPTION EUROPEENNE SUR LA SCENE MONDIALE

Bilan 2020 : **114** lancements dont seulement **18** ouverts au marché commercial



## SpaceX, partenaire privilégié de l'administration US



## 2. Les leviers de compétitivité

Gagner en compétitivité nécessite de compléter les vertus traditionnelles d'Ariane : performance, ponctualité, fiabilité par une réduction sensible du prix du lancement et donc de son coût.

Le coût d'un lanceur et de ses opérations de lancement dépend de nombreux facteurs, directs : coût de la matière, nombre d'heures productives, salaire horaire, fiscalité, et indirects : heures improductives (les structures de fonctionnement des entreprises), coût de maintenance de l'outil industriel, coût de la non-qualité (défauts, rebuts), environnement social...

Ces facteurs sont influencés par des décisions prises très en amont de la phase de fabrication : la conception du lanceur, l'organisation industrielle, les procédés ou technologies de fabrication, d'intégration et de contrôle, le niveau d'investissements industriels. La cadence de production visée pour dimensionner les moyens industriels est liée aux prévisions d'évolution du marché et à la part de marché espérée, notamment grâce à la compétitivité. Enfin, le coût obtenu dépend de la culture développée dans tous les secteurs de chaque entreprise participante.

Dans une démarche industrielle nouvelle, développée en une quinzaine d'années dans un environnement sans contrainte, Space X a montré comment optimiser ces différents facteurs pour réduire les coûts de réalisation d'un lancement :

- Une conception poussée aux limites dans la recherche de réduction des masses, permettant de réaliser un lanceur à deux étages, là où les concurrents ont en général trois étages pour une performance équivalente. C'est une réussite déterminante pour la réduction des coûts, bien avant la réutilisation, certes spectaculaire, mais qui n'est rentable qu'à partir d'une cadence d'utilisation élevée.
- Une organisation industrielle très intégrée, avec environ 85 % du lanceur développé et produit dans la même usine. Les coûts de gestion d'interfaces avec les sous-traitants sont éliminés. La réactivité aux attentes des clients et le niveau de qualité sont améliorés.
- Des investissements industriels anticipant une grande cadence de fabrication (50 à 60 lanceurs par an) basée sur une hypothèse de conquête d'une grande part du marché gouvernemental américain et du marché commercial mondial. Les coûts fixes de l'entreprise et ses moyens industriels sont ainsi amortis sur un grand volume d'activité.
- Une culture d'entreprise basée sur la recherche des coûts les plus faibles dans tous les domaines, dès la phase de conception.

### 3. Les solutions mises en œuvre par ArianeGroup

Atteindre une division par 2 (environ) du coût d'un lanceur Ariane 5, à performances supérieures et fiabilité conservée, était extrêmement ambitieux et a nécessité d'utiliser tous les leviers envisageables.

#### 3.1 Simplifier les structures industrielles.

La création d'ArianeGroup a permis de fusionner en une seule entité les activités françaises de quatre sociétés qui contribuaient à Ariane 5 : SNPE Matériaux Energétiques et Snecma Propulsion Solide (réunies dans Herakles en 2012), Snecma (moteurs liquides)

et Astrium tout en conservant l'intégration déjà réalisée avec les activités d'Astrium Allemagne. La conséquence a été la suppression immédiate des nombreux contrats liant ces sociétés parfois jusqu'à quatre niveaux de sous-traitances croisées, et l'élimination des coûts d'interfaces associés : achats, contrôle qualité, comptabilité.... De nombreux managers ont été repositionnés et de nombreuses équipes sont restées dans les fonctions centrales des deux groupes fondateurs Airbus et Safran. Dès sa création, les structures de fonctionnement d'ArianeGroup ont donc été très allégées.

Pour les étages à propulsion solide d'Ariane 6 et de Vega C, des discussions avec l'industriel Italien AVIO ont permis de rationaliser les constructions contractuelles complexes autour des deux co-entreprises Europropulsion et Regulus héritées du passé.

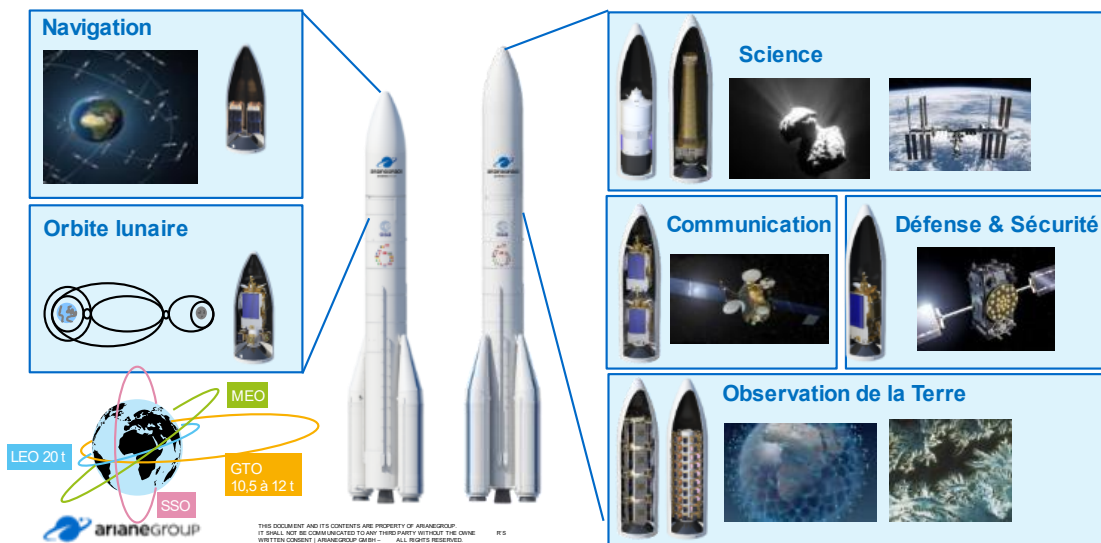
En accord avec Air Liquide, les sociétés intermédiaires Eurocryospace en France et en Allemagne, créées pour Ariane 5 ME, ont été dissoutes et remplacées par des relations simples et directes, avec les réductions de coûts correspondantes.

L'évolution de l'actionnariat d'Arianespace, avec une prise de participation majoritaire d'ArianeGroup a eu des conséquences très importantes : clarification et rationalisation des responsabilités, transfert d'équipes en relation avec ces responsabilités, simplification de l'ensemble des procédures de préparation au vol permettant une réduction de l'effectif global. Moins directement quantifiable mais tout aussi essentiel, ce rapprochement a permis un dialogue nouveau, direct et soutenu entre les équipes commerciales d'Arianespace et les équipes de conception du futur lanceur chez ArianeGroup.

### 3.2 Un dialogue structuré avec les clients dès la phase de conception

Avec le foisonnement des typologies de satellites, la compréhension des attentes des clients est essentielle pour maximiser la part de marché et les cadences de production. La création d'un club des utilisateurs potentiels d'Ariane 6 a permis un dialogue soutenu dès le début de la conception du lanceur. Il est vite apparu optimal de définir un lanceur polyvalent et évolutif, basé sur deux versions A 62 et A 64 pour lancer aussi bien les constellations de petits satellites que les gros satellites ou les missions scientifiques lointaines. Un étage supérieur réallumable, des systèmes de mise en orbite adaptables et deux longueurs de coiffes permettent d'embarquer d'une à plusieurs douzaines de charges utiles dans le même lanceur pour des orbites très diverses.

## OBJECTIF ARIANE 6 : « ANY MISSIONS ANY ORBITS »



Tous les équipements des deux versions sont identiques, ce qui permet d'accroître les cadences de production, seul le nombre de propulseurs d'accélération P120 varie : 2 ou 4. De plus, imaginer des propulseurs totalement communs avec le moteur du premier étage de Vega C a permis de réduire globalement les coûts de développement et de production, même si c'est au prix d'une légère perte de performances d'Ariane 6.

### 3.3 Une conception focalisée sur la réduction du coût de production

Parmi les nombreuses décisions de « *design to cost* » deux sont particulièrement représentatives :

- La standardisation du dessin des réservoirs des deux premiers étages : avoir la même matière, le même diamètre, les mêmes dômes pour les quatre réservoirs permet d'utiliser une seule gamme de machines et de maximiser le taux d'occupation des moyens industriels pour en réduire le coût d'utilisation.
- La conception des propulseurs P120 permet une fabrication basée sur seulement trois éléments : une seule structure en Italie, la tuyère en France et un seul chargement de propergol, sur le site d'intégration finale à Kourou. C'est une simplification majeure par rapport à Ariane 5 : 3 structures voyageant dans trois pays, trois chargements sur deux sites (Italie et Kourou) avec la complexité logistique associée.

### 3.4 De nouvelles technologies, des procédés et moyens de fabrication innovants

En relation avec la conception, des moyens modernes de fabrication ont été mis en place : soudure des réservoirs par friction-malaxage (FSW), lasers pour les préparations de surfaces, robots pour la dépose de protections thermiques, pour la fabrication des tuyères et l'intégration des propulseurs, impression 3D pour toutes les pièces de petites dimensions, chaînes de montage des moteurs dérivées des installations aéronautiques....

Les intégrations sont toutes réalisées à l'horizontale, à Brême, aux Mureaux et à Kourou pour réduire les volumes des bâtiments et leur coût de fonctionnement, pour permettre le travail simultané par plusieurs équipes en toute sécurité, pour supprimer les moyens de basculement et faciliter les transports.

### 3.5 Une nouvelle culture

Afficher un objectif de prix dès le début du programme et le décliner en objectif de coût dans toutes les entités industrielles européennes a été une marque de changement majeure. Un design ou une technologie ne sont retenus que s'ils conduisent à des coûts de fabrication réduits, par exemple en simplifiant les opérations de production pour permettre leur réalisation par une main d'œuvre moins qualifiée. L'utilisation de produits de technologie grand public a été recherchée : le calculateur du lanceur est directement dérivé d'un produit pour l'automobile.

Cette approche s'est appuyée sur un nouveau mode de management, partagé entre les principaux industriels, avec une prise de risques accrue, l'intégration de nouvelles idées et de nouvelles compétences issues d'autres secteurs, comme l'automobile.

A l'exemple de l'aéronautique, des filières de compétences spécialisées ont été mises en place : grandes pièces métalliques en Bavière, vérins de pilotage en Belgique, grands outillages mécaniques en Suisse, structures en carbone en Espagne, par exemple. Il convient de remercier les industriels qui ont accepté, dans la foulée des remises en cause internes à ArianeGroup, de transformer totalement leur outil industriel pour permettre cette rationalisation, souvent accompagnée des réductions d'effectifs nécessaires.

### 3.6 Une nouvelle étape est déjà en préparation.

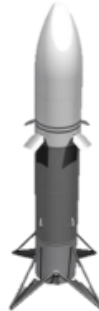
Dès 2015 un petit cercle d'ingénieurs du CNES et d'ArianeGroup ont démarré des travaux technologiques, devenus ensuite européens en 2020. En résultent le nouveau moteur Prometheus (coût divisé par 10, poussée fortement variable) dont les premiers essais sont imminents et son étage réutilisable Themis. Ils permettront d'avoir une gamme de lanceurs à coût encore réduit et réutilisables, à horizon 2030.

## Les deux briques technologiques des futurs lanceurs européens



### PROMETHEUS

- Démonstrateur européen de moteur réutilisable à très bas coût.
- Fonctionnement à l'oxygène liquide et au méthane.
- Précurseur des futurs moteurs des lanceurs européens.
- Conception et méthodes résolument nouvelles (numérisation du contrôle et des diagnostics du moteur, production par impression 3D, etc.)



### THEMIS

- Démonstrateur européen détagé réutilisable à très bas coût
- Développement agile logique incrémentale de tests jusqu'à la pleine démonstration en vol en 2024.
- « Incubé » au sein d'ArianeWorks, la plateforme d'innovation commune ArianeGroupCNES.

## 4. Les limites et les freins à la compétitivité en Europe

Le contexte européen est très spécifique. Certes, le développement d'Ariane 6 est financé par 13 Etats coordonnés par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), mais en contre-partie ces Etats dirigent l'organisation industrielle, imposent leurs industriels (par pays, voire par régions) et contrôlent étroitement leurs activités, sans être motivés (ni compétents d'ailleurs) par la compétitivité du produit final.

L'exemple récent des négociations entre 3 Ministres de l'économie français, allemand et italien pour décider du lieu de fabrication des turbopompes de moteurs n'est pas une caricature, mais une réalité. Des études de l'ESA ont montré que cette exigence d'organisation industrielle proportionnelle au financement de chaque état entraîne un surcoût de 15 % en production. La complexité et la dispersion (Ariane Group ne réalise que 40 % du lanceur, SpaceX : 85 %) d'une telle organisation est aussi facteur d'allongement du cycle de production, de moindre réactivité aux attentes des clients et de risques de réduction de la qualité des lanceurs.

La relative faiblesse des commandes étatiques européennes ne permet pas d'envisager des cadences de production élevées. La cadence annuelle envisagée pour Ariane 6 est de l'ordre de 6 à 8 lancements et restera bien inférieure aux 22 Soyuz et 31 Falcon lancés en 2021.

Les différences de conditions sociales et fiscales entre l'Europe et ses concurrents américains impactent la compétitivité. Une visite rapide de l'usine de SpaceX suffit pour constater que certaines conditions de travail seraient inacceptables au regard du droit du

travail de plusieurs pays européens. De même, licencier instantanément (à deux reprises et en phase de croissance d'activité) 10 % des personnels : les moins performants, est inenvisageable en Europe. Le modèle américain n'est pas toujours enviable.

Avec un investissement spatial par habitant nettement inférieures à celui des Etats-Unis (20 € contre 70 \$), caractérisé par l'absence d'ambition à réaliser des vols habités, l'Europe subit un retard technologique croissant. Ariane 6 a été décidée alors qu'aucun investissement technologique n'avait été réalisé en Europe pendant 10 années, d'où l'utilisation de moteurs liquides anciens, développés plus de 15 ans auparavant.

Les années de succès d'Ariane 5 ont sédimenté dans les équipes des savoir-faire, des habitudes, des compétences qui façonnent la culture des sociétés et des agences spatiales européennes. S'il présente d'autres avantages, cet acquis incomparable devient de fait un frein à la mise en œuvre d'une nouvelle culture focalisée sur les coûts. La transformation culturelle est beaucoup plus compliquée et plus longue à réaliser que pour une société nouvellement créée.

Enfin, face à la NASA ou à l'US Air Force, il n'existe pas de stratégie spatiale européenne harmonisée. Les budgets restent dispersés et gérés par un millefeuille d'agences étatiques aux intérêts locaux et souvent divergents, voire contradictoires. Favoriser le développement d'une industrie européenne rationalisée et compétitive, à l'image d'Airbus par exemple, n'est pas encore une priorité partagée.

## 5. Conclusion

En réponse aux évolutions du marché, Ariane 6 est le vecteur de développement d'une nouvelle compétitivité dans l'industrie spatiale européenne. Les nombreux moyens mis en œuvre permettent un changement d'échelle, avec une division par deux du prix de lancement par rapport à Ariane 5. Les nouvelles technologies en cours de développement permettront une nouvelle rupture à horizon 2030.

Face au modèle hégémonique américain, visant à reproduire dans le spatial la suprématie acquise dans le numérique, la compétitivité n'est pas le seul facteur de réussite. L'Europe peut encore faire évoluer son modèle si spécifique, basé sur la coopération entre des pays aux stratégies souvent contradictoires (accès autonome à l'espace pour certains pays, priorité au développement technologique pour d'autres), des budgets limités et morcelés, une gouvernance complexe et redondante.

Dans un marché mondial qui reste majoritairement gouvernemental et fermé, les pays Européens peuvent être convaincus de la compétitivité de leur industrie spatiale. En poursuivant la consolidation de la demande européenne, en soutenant les prises de risques et l'émergence d'une nouvelle culture (start-ups, filiale Maïa d'ArianeGroup ouverte à une large coopération industrielle) et en accélérant les investissements technologiques, Ariane 6 et ses successeurs ont une bonne chance de reprendre le leadership sur le marché commercial mondial.